

LUCJAN POLAK

Zmiana przenikalności dielektrycznej ciekłego dielektryka niepolarnego w pobliżu metalowych elektrod

Zachowanie się drobin ciekłego dielektryka jest zależne między innymi od tego, czy znajdują się one w jednorodnym ośrodku, czy w pobliżu granicy międzyfazowej. Wynika to stąd, że oddziaływania między jednakowymi drobinami są na ogół inne niż między różnymi i często mają one inny charakter. Dotyczy to zwłaszcza przypadku graniczenia ciała stałego z cieczą, a w szczególności elektrody metalowej z ciekłym dielektrykiem niepolarnym. Wielkość występującej - wskutek oddziaływania typu dyspersyjnego między neutralną drobiną a metalem - siły przyciągania, określają zależności otrzymane przez Lifszica, Mavroyannisa i innych [1].

Według Lifszica na przykład, który rozwiązał ten problem, traktując go jako skrajny przypadek oddziaływania między dwoma ciałami nieskończonymi, z których jedno zmniejsza swoje wymiary do zera, energia oddziaływania wyraża się wzorem:

$$W(l) = \frac{3 \hbar c \alpha}{8 \pi l^4} \frac{\epsilon_0 - 1}{\epsilon_0 + 1} \Phi(\epsilon)$$

gdzie ϵ_0 - elektrostatyczna stała dielektryczna ciała
 $\Phi(\epsilon)$ - złożona funkcja ϵ , przyjmująca wartości od
0,77 do 1,0

α - polaryzowalność drobin cieczy
 l - odstęp między drobiną i metalem

podczas gdy potencjał oddziaływania między samymi drobinami neutralnymi jest proporcjonalny do $\frac{1}{r^5}$

Siły te powodują wzrost koncentracji cząstek cieczy w bezpośrednim sąsiedztwie powierzchni metalu i tworzenie się tam warstwy monomolekularnej, charakteryzującej się tym, że drobiny ją tworzące odznaczają się określonym wyindukowanym momentem dipolowym.

Powoduje to wystąpienie na niej skoku potencjału o wartości:

$$\Delta(e\varphi) = 4\pi e n m$$

zależnej od ilości drobin tworzących monomolekularną warstwę (n) oraz wielkości wyindukowanego w drobinie momentu (m).

Pochodzące od takiej warstwy pole elektryczne ma charakter pośredni między polem pojedynczego dipola o natężeniu danym wzorem:

$$E = - \text{grad} \frac{\bar{m} \cdot \bar{r}}{r^3} = \frac{3 \bar{m} \cdot \bar{r}}{r^5} \bar{r} - \frac{\bar{m}}{r^3}$$

i polem warstwy podwójnej o natężeniu:

$$E = 2\pi \rho \eta \frac{a^2}{(a^2 - z^2)^{3/2}}$$

gdzie η odstęp między dwiema równoległymi, kołowymi płytkami, naładowanymi równomiernymi, przeciwnymi ładunkami powierzchniowymi, o tej samej gęstości ρ ; a jest promieniem płytek.

Ostatecznie wzór określający średnie natężenie pola elektrycznego, wytwarzanego przez warstwę na powierzchni metalu, można zapisać następująco:

$$E = C(n) \frac{1}{x^k}$$

gdzie $C(n)$ i k są stałymi, których wartość zależy od gęstości cząstek na 1 cm^2 powierzchni metalu.

Pole takie - o znacznym stopniu niejednorodności - oddziałuje na drobiny cieczy z siłą określoną wzorem:

$$\bar{F} = - \nabla W = \alpha \bar{E}_0 \cdot \nabla \bar{E}_0$$

wywołując wzrost ich koncentracji w kierunku prostopadłym do warstwy.

Wpływ tego procesu na przenikalność elektryczną dielektryka w tym obszarze można rozpatrywać na gruncie kilku teorii, które różnią się przede wszystkim sposobem określenia pola elektrycznego działającego na drobinę, znajdującą się w jednorodnym, izotropowym ośrodku dielektrycznym [2].

W teorii, traktującej dielektryk jako ciągły ośrodek (continuum) o własnościach makroskopowych, nie uwzględnia się oddziaływań międzydrobinowych i równanie Clausiusa-Mossotti'ego przyjmuje najprostszą postać:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{4 \pi N}{3} \alpha$$

gdzie N - koncentracja drobin, α - polaryzowalność

W zależności od założeń przyjmowanych odnośnie promienia i kształtu drobin wzór powyższy ulega modyfikacjom.

W drugiej teorii uwzględnia się strukturę drobinową dielektryka i bierze pod uwagę oddziaływania między nimi. Przyjmuje się wtedy, że polaryzacja dielektryka - dana zależnością

$$4 \pi \bar{P} = \bar{D} - \bar{E}$$

jest powiązana z własnościami drobin wzorem:

$$\bar{\mathbf{P}} \cdot \bar{\mathbf{V}} = \langle M \rangle$$

gdzie V jest objętością rozpatrywanego dielektryka a $\langle M \rangle$ jest średnim - w sensie mechaniki statystycznej - całkowitym momentem dipolowym.

Zarówno skorygowane równanie Clausiusa-Mossotti'ego jak i poprawki do teorii "continuum" przewidują początkowy wzrost wyrażenia $(\epsilon - 1) / (\epsilon + 2) \frac{1}{N}$ ze wzrostem gęstości a następnie spadek, jednak doświadczalnie efekt ten można zaobserwować jedynie w gazach, natomiast w cieczach mających znacznie większą gęstość, uwidacznia się tylko spadek, mogący świadczyć o zmianie polaryzowalności drobin, co potwierdził też doświadczalnie Mopsik [3].

LITERATURA

- [1] L i f s z i c E.M.: ZETF, 29 (1955) 94.
- [2] B ö t t c h e r J.C.F.: Theory of electric polarization, Amsterdam 1973.
- [3] M o p s i k F.I.: J. Chem Phys, 50 (1969) 2559.